

ФАНО России
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
**ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ
И МЕХАНИКИ**
им. Н.Н. Красовского
Уральского отделения
Российской академии наук
(ИММ УрО РАН)
г. Екатеринбург, 620990
ул. Софьи Ковалевской, д.16
тел.(343) 374-83-32, факс 374-25-81
E-mail dir-info@imm.uran.ru

28.07.2016 № 16343/*12-2171-12*

На № _____ от _____

Г
УТВЕРЖДАЮ
Директор Федерального
государственного бюджетного
учреждения науки Института
математики и механики
им. Н.Н. Красовского
Уральского отделения

Российской академии наук



Николай Юрьевич

доктор физико-математических наук

Тукочянов Николай Юрьевич

“ 28 ” *сентября* 2016 года

ОТЗЫВ

ведущей организации о научно-практической ценности диссертации Новикова Ивана Сергеевича на тему «Исследование задачи оптимизации ресурсов и концентрации загрязнений в регионе от локальных источников» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности: 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Диссертационная работа Новикова Ивана Сергеевича посвящена разработке алгоритмов и комплекса программ для решения задач оптимизации «средней» концентрации загрязнений в регионе от локальных источников, а также оптимального распределения ресурсов, необходимых для устранения источников загрязнений.

Актуальность избранной темы. Тема диссертационной работы является актуальной. Задача охраны окружающей среды от загрязнений является одной из актуальных проблем современной науки. Источниками

загрязнений могут быть как промышленные предприятия и общественный транспорт, так и лесные и торфяные пожары, возникающие в летний период и вносящие существенный вклад в загрязнение атмосферы. От своевременности и эффективности решения этой проблемы зависит здоровье людей, находящихся в регионе возможных загрязнений, а также объем государственных средств, которые необходимо выделить на ликвидацию загрязнений и их последствий.

В диссертации указанная выше задача сформулирована в терминах задачи об оптимальном управлении процессом распространения загрязнений, который описывается линейной краевой задачей для уравнения конвекции-диффузии с переменными коэффициентами в трехмерном пространстве с неоднородными граничными условиями. Управляющие функции («управления») входят в граничное условие третьего рода, заданное на нижней границе. Физически «управления» имеют смысл закономерностей, по которым необходимо устранять источники загрязнений, преимущественно расположенные на нижней границе. В работе получена формула для их вычисления (в явном виде), а также сконструирован алгоритм решения рассматриваемой проблемы. В частности, в работе доказано, что «управления» доставляют глобальный минимум квадратичному функционалу невязки (который минимизируется).

Связь работы с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства. Данная диссертационная работа направлена на решение важной экологической проблемы. От эффективности и своевременности решения задачи «компенсации» источников загрязнения и оптимального распределения имеющихся ресурсов зависит загрязненность регионов, в которых могут располагаться, например, сельскохозяйственные учреждения, а также природные парки, имеющие культурную и историческую ценность. Вследствие чего эффективные алгоритмы решения рассматриваемой в работе задачи, важны как для сохранности различных

экосистем, так и для успешной работы различных отраслей народного хозяйства.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. В работе получены следующие результаты. Сформулированы и исследованы на разрешимость задачи оптимизации «средней» концентрации загрязнений и экономического ущерба в регионе от локальных источников. Разработаны и обоснованы алгоритмы решения этих задач, позволяющие вычислять «управления» в явном виде. В подавляющем большинстве работ по оптимальному управлению функции «управлений» вычисляются итерационно, что требует дополнительных теоретических исследований, в частности исследования сходимости процесса и оптимального выбора параметра итерационного процесса. В этой работе подобных исследований проводить не требуется. Предложенные в работе алгоритмы учитывают физические свойства решения задачи. Описаны методы оптимального распределения ресурсов, выделенных на ликвидацию источников загрязнений, по зонам их локализации с целью оптимизации экономического ущерба в регионе. Разработанные алгоритмы реализованы в виде комплекса программ. Все научные результаты и выводы, сформулированные в диссертации, являются новыми.

Значимость для науки и производства (практики) полученных автором диссертации результатов. Разработанные в диссертации методы и алгоритмы могут быть использованы для решения ряда задач, входящих в класс задач оптимального управления о локальных источниках при интегральном наблюдении. Кроме того, полученные результаты и созданный комплекс программ могут быть основой для исследования и численного решения задачи управления риском загрязнений региона локальными источниками, поскольку в диссертации предложен алгоритм решения задачи оптимизации экономического ущерба, а под риском, как правило, понимается произведение вероятности нежелательного события на ущерб (его последствия).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации. Полученные в диссертационной работе результаты могут быть использованы в МГУ, ИВМ РАН, МФТИ, МИФИ, ИПМ РАН, РХТУ, ФГБОУ ВПО «Бурятский государственный университет», ИММ УрО РАН и других организациях и учреждениях, занимающихся исследованием и разработкой алгоритмов решения задач оптимального управления, а также экологических задач.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений. Все научные положения, заключения и выводы диссертации обоснованы. Достоверность основных результатов не вызывает сомнений. Разработанные автором алгоритмы и комплекс программ являются новыми и эффективными.

Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения, списка литературы и списка публикаций автора. Общий объем диссертации 150 страниц, включая 42 рисунка, 3 таблицы и список литературы из 86 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы ее основные цели, отмечены элементы новизны, теоретической и практической значимости. Перечислены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводятся основные понятия и определения, которые используются в диссертации. Дан краткий обзор литературы, посвященный методам исследования и решения задач с локальными источниками. Сформулирован класс задач оптимального управления о локальных источниках при интегральном наблюдении, который включает уравнения трехмерной математической модели распространения примеси с «управлениями» (закономерностями, по которым необходимо уменьшать концентрации загрязнения в различных регионах источников загрязнений) на нижней границе, а также квадратичный функционал «стоимости»,

подлежащий минимизации. Этот класс задач имеет особое значение, поскольку включает в себя все задачи оптимизации, о которых идет речь в диссертации. Кроме того, в этой главе предложен и обоснован алгоритм решения описываемого класса задач. В частности, введена «вспомогательная» сопряженная задача, на основе которой получена формула для вычисления «управлений» в явном виде. Доказано, что эти управления доставляют глобальный минимум квадратичному функционалу невязки.

Во второй главе исследуется задача оптимизации «средней» концентрации загрязнений в регионе от локальных источников. Предложен и строго обоснован алгоритм ее решения, учитывающий физические свойства решения рассматриваемой задачи оптимизации (условия «физичности»). В частности, концентрация загрязнений не может принимать отрицательных значений нигде в исследуемой области на всем временном интервале. Также доказана теорема, гарантирующая выполнение условий «физичности» для решений задачи.

В третьей главе исследуется задача оптимизации экономического ущерба от загрязнения окружающей среды локальными источниками, причем приведены две постановки этой задачи. В первой постановке группы локальных источников начинают загрязнять атмосферу не в один, а в различные моменты времени и условие замыкания (условие, которое учитывает экономический ущерб) в целом аналогично тем, что были приведены в первой и второй главах диссертационной работы. Во второй постановке рассматривается лишь одна группа источников, начинающих загрязнять окружающую среду в один и тот же момент времени, однако вводятся два условия замыкания. В первое условие замыкания, входит экономический ущерб, а во второе - количество ресурсов, выделенное на ликвидацию источников загрязнений. Также в этой главе предложены алгоритмы решения поставленных проблем. Основное отличие методов решения указанных задач в том, что один из них не учитывает количество

ресурсов (их возможную нехватку), выделенных на устранение локальных источников, а два других (одношаговый и многошаговый) учитывают. В одношаговом алгоритме «управления» вычисляются за один шаг. При этом и предполагается, что ресурсов достаточно лишь для одного шага вычисления «управлений». В многошаговом алгоритме «управления» рассчитываются и уточняются многократно, и предполагается наличие такого количества ресурсов, что вычисление «управлений» за один шаг приводило бы к неполному использованию средств, выделенных на ликвидацию локальных источников (а если бы были использованы все имеющиеся ресурсы, то первоначальный ущерб был бы уменьшен значительно).

Четвертая глава диссертации посвящена построению и исследованию схем дискретизации трехмерной математической модели распространения примеси в регионе. В ней приведен процесс построения схем для каждого уравнения системы, описывающей распространение загрязнений в окружающей среде. Построенные схемы применяются для численного решения «вспомогательной» сопряженной задачи. Также в главе исследованы свойства построенных схем, в частности доказано, что схемы являются монотонными, абсолютно устойчивыми и аппроксимируют дифференциальные операторы уравнений модели распространения примеси с первым порядком точности по временной и пространственным переменным. В заключительной части главы демонстрируются результаты тестового численного эксперимента, которые указывают на практическую возможность применения построенной схемы для численного моделирования распространения загрязнений в регионе.

Пятая глава содержит описание программного комплекса, разработанного автором диссертации и используемого для решения поставленных задач оптимизации. Дано описание реализованных в нем программ. Также в этой главе обсуждаются результаты ряда численных экспериментов, иллюстрирующих эффективность предложенных алгоритмов и основные теоретические положения исследуемых задач.

Работа выполнена на высоком научном уровне. Диссертация Новикова Ивана Сергеевича оформлена в соответствии с требованиями ВАК, она представляет собой законченную научно-исследовательскую работу.

Вместе с тем, по содержанию работы можно сделать некоторые замечания.

1. Одним и тем же символом Γ обозначены операторы (см., например, стр.15), а также граница области (см., стр. 22).
2. Свойства коэффициентов a_{xx} , a_{yy} , a_{zz} , (см., стр. 24) существенно влияют на существование и гладкость решений соответствующих уравнений. Поэтому следует их уточнить. Например, указать являются ли эти коэффициенты непрерывными функциями или функциями измеримыми (по Лебегу).
3. Следует отметить, что Ω_{obs} измеримое по Лебегу множество не нулевой меры.
4. Ограничения на «управления» не введены заранее, как это принято обычно в математической теории оптимального управления, а налагаются на них апостериорно (доказывается теорема об ограничениях на «управления»).
5. В работе отсутствуют численные эксперименты по сравнению скоростей сходимости представленных в диссертации алгоритмов решения задач оптимизации и “классических” алгоритмов решения тех же задач, хотя и проиллюстрирована эффективность разработанных автором диссертационной работы методов.

Перечисленные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы и не влияют на научную значимость и практическую ценность полученных результатов.

Содержание работы соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», в частности, её пунктам:

3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.
4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.
5. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента.
7. Разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.

Соответствие автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат полностью и правильно отражает содержание диссертации, а также ее основные положения.

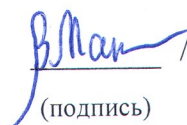
Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научной печати. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в открытой научной печати, в том числе в четырех публикациях в журналах из перечня ВАК, а также двух монографиях. Результаты работы обсуждались на различных семинарах и международных конференциях.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. Учитывая вышесказанное, считаем, что диссертационная работа Новикова Ивана Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые строго обоснованные алгоритмы решения некоторых классов задач оптимизации ресурсов и концентрации загрязнений в регионе от локальных источников, имеющих существенное значение для развития математических методов решения задач экологии, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на

соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв на диссертационную работу был обсужден и утвержден на заседании научного семинара ИММ УрО РАН под руководством доктора физико-математических наук Вячеслава Ивановича Максимова (научный руководитель семинара академик РАН Ю.С.Осипов) 28 января 2016 года, протокол № 1.

Заведующий отделом
дифференциальных уравнений,
ИММ УрО РАН,
д.ф.-м.н., профессор


(подпись)

Максимов Вячеслав Иванович /

(расшифровка подписи,
фамилия, имя, отчество – полностью)

Подпись Вячеслава Ивановича Максимова
удостоверяю:

Ученый секретарь ИММ УрО РАН,
к.ф.-м.н.


(подпись)

Ульянов Олег Николаевич /

(расшифровка подписи,
фамилия, имя, отчество – полностью)

Адрес: 620990, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 16.

Телефон: 8 (343) 374-83-32

E-mail: dir-info@imm.uran.ru

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского
отделения Российской академии наук